

Cartografía detallada de formaciones vegetales empleando ortofotografía del PNOA y Clasificación Basada en Objetos (OBIA - Object-Based Image Analysis)

Oliver Gutiérrez-Hernández⁽¹⁾, Ricardo Díaz-Delgado⁽²⁾, Rafael Cámara-Artigas⁽³⁾ y Luis V. García⁽¹⁾

⁽¹⁾ Biogeoquímica, Ecología Vegetal y Microbiana, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC, Reina Mercedes 10, 41012-Sevilla, España. Emails: ogutierrez@irnas.csic.es, ventura@cica.es

⁽²⁾ Laboratorio de SIG y Teledetección (LAST-EBD), Estación Biológica de Doñana, CSIC, Américo Vespucio s/n, 41092-Sevilla, España. Email: rdiaz@ebd.csic.es

⁽³⁾ Departamento de Geografía física y Análisis Geográfico Regional, Universidad de Sevilla, C. / María de Padilla s/n, 41004-Sevilla, España. Email: rcamara@us.es

Resumen: Las imágenes de alta resolución espacial constituyen la principal fuente en los trabajos de fotointerpretación que producen los mapas de coberturas vegetales oficiales. Este elevado nivel de detalle -de gran utilidad en el análisis visual- resulta excesivo para el análisis digital basado en píxeles cuando nuestro objetivo es la diferenciación de objetos definidos por unos límites, sea por la variabilidad espectral de las cubiertas que lo caracterizan o por las escasas diferencias espectrales existentes entre objetos contiguos. Complementariamente, existen cualidades que permiten definir los objetos espaciales: escala, textura, forma, contexto. En el presente trabajo, proponemos una clasificación basada en objetos para la detección de formaciones vegetales ecológico-fisionómicamente homogéneas empleando la ortofotografía del Plan Nacional (PNOA). Estas imágenes tienen 50 centímetros de resolución espacial y ofrecen datos espectrales del visible e infrarrojo cercano. Realizamos una segmentación multiescala de las imágenes analizando componentes espectrales y espaciales. Definimos un juego de reglas de clasificación para calibrar los componentes de los objetos. Utilizamos datos de campo y validamos los resultados con regiones de interés. Los mapas derivados permiten discriminar formaciones vegetales ecológico-fisionómicamente homogéneas con un gran nivel de detalle, adecuado para estudios generales de vegetación, ecología de paisaje y modelos de erosión.

Palabras clave: cartografía, formaciones vegetales, clasificación basada en objetos, OBIA, PNOA

Detailed mapping of vegetation using aerial orthophotographic imagery and Object-Based Image Analysis (OBIA)

Abstract: High-resolution spatial images are the main data source in photo-interpretation projects that produce official land cover and vegetation maps. High resolution aerial imagery – highly useful in visual analysis- is excessive for pixel-based analysis, when our goal is the differentiation of objects defined by limits. This is due to the fact that the huge spectral variability of cover or because of the few spectral difference between contiguous objects. In addition, beyond the pixel-based classification, there are qualities that can define space objects better: scale, texture, shape, and context. In this paper, we propose an object-based classification to detect physiognomic-ecological units using aerial orthophotographic imagery from the National Plan for Aerial Orthophotography (PNOA). These images have four bands (visible and near infra-red) with a 50 cm spatial resolution. We performed a multiscale image segmentation by analysing spectral and spatial components. We defined a set of classification rules to calibrate the components of the objects. We used field data and validated the results with regions of interest. The maps derived allow the differentiation of physiognomic-ecological units with a great level of detail, suitable for general studies of vegetation, landscape ecology and erosion models.

Keywords: cartography, vegetation, Object -Based Image Analysis, OBIA, PNOA

1. INTRODUCCIÓN

Las imágenes aéreas suelen emplearse como soporte para la generación de productos cartográficos básicos y temáticos. En nuestro país, diferentes administraciones (Ministerios, Consejerías) han utilizado fotografías aéreas orto-rectificadas para obtener la base cartográfica y altimétrica de referencia. Asimismo, la producción de cartografía sobre ocupación, usos y coberturas vegetales (SIOSE, MUCVA) se realiza mediante trabajos de fotointerpretación apoyados fundamentalmente en ortofotografías debido a la precisión y exactitud de las mismas.

La fotointerpretación es un procedimiento cualitativo utilizado para extraer información temática de las imágenes aéreas (Fernández García, 2003). A través de

esta técnica, un operador o fotointérprete identifica las diferentes coberturas que forman parte de la imagen, codifica explícitamente sus límites y asocia un atributo temático. Es un procedimiento laborioso que requiere conocimiento experto del operador. Primero se define una leyenda y luego se identifican sus componentes u objetos sobre la imagen.

Previamente, es necesaria una fase de documentación y, cada vez más, se manejan técnicas de teledetección para apoyar la toma de decisiones. En función de las necesidades de trabajo, los objetivos establecidos y el nivel de exactitud requerido, se recurre al trabajo de campo para contrastar o complementar la información.

La fotointerpretación ofrece muy buenos resultados cuando deseamos identificar objetos explícitamente, pero requiere una gran cantidad de tiempo y recursos

humanos y la información suele extraerse a partir de criterios eminentemente visuales percibidos en la imagen.

Junto con estos procedimientos manuales, con el objetivo de extraer información temática, las imágenes satelitales también se emplean para identificar coberturas terrestres a través de métodos automatizados o semi-automatizados (Chuvieco, 2008). En ambos casos, esta aproximación fundamenta la clasificación a partir de la información suministrada por los niveles digitales de cada píxel en las diferentes bandas del espectro electromagnético incorporando algoritmos matemáticos. Los algoritmos automatizados son realmente efectivos cuando intentamos cartografiar coberturas en regiones muy extensas debido a que nos permiten ahorrar tiempo y recursos humanos e incorporar múltiples bandas en el análisis, pero los resultados no definen explícitamente objetos, sino coberturas homogéneas producto de la integración de píxeles.

Existe una tercera opción para clasificar las coberturas terrestres: es la denominada clasificación orientada a objetos mediante técnicas de segmentación de imágenes. Este procedimiento también utiliza los datos espectrales suministrados por los píxeles para definir las diferentes coberturas pero se basa en otros criterios para identificar explícitamente los objetos espaciales (Blaschke, 2010). Así, por ejemplo, la textura define la variación entre píxeles contiguos y el contexto define las relaciones espaciales de cada píxel con el conjunto de la imagen. Pueden combinarse múltiples reglas de clasificación en función de criterios espectrales, texturales y contextuales y estos pueden adaptarse en función de la escala de la imagen y nuestros objetivos de trabajo.

En esta comunicación exponemos un flujo de trabajo para identificar formaciones vegetales ecológico-fisonómicamente homogéneas a partir de una ortofotografía de alta resolución. Todo ello con el objeto de demostrar la ventaja de estas técnicas sobre los procedimientos de fotointerpretación tradicionalmente empleados para producir cartografía de usos y coberturas vegetales.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

Nuestro ámbito de estudio (Figura 1) se ubica dentro de la Reserva Biológica de Doñana integrada en el Parque Nacional de Doñana, en el área central donde crecen los alcornoques centenarios de Las Pajareras.

En concreto, definimos un cuadrado de 2 km x 2 km (Figura 2). En esta extensión de 4 km² están representadas diferentes comunidades vegetales propias del monte mediterráneo: formaciones arboladas, matorrales y pastizales.

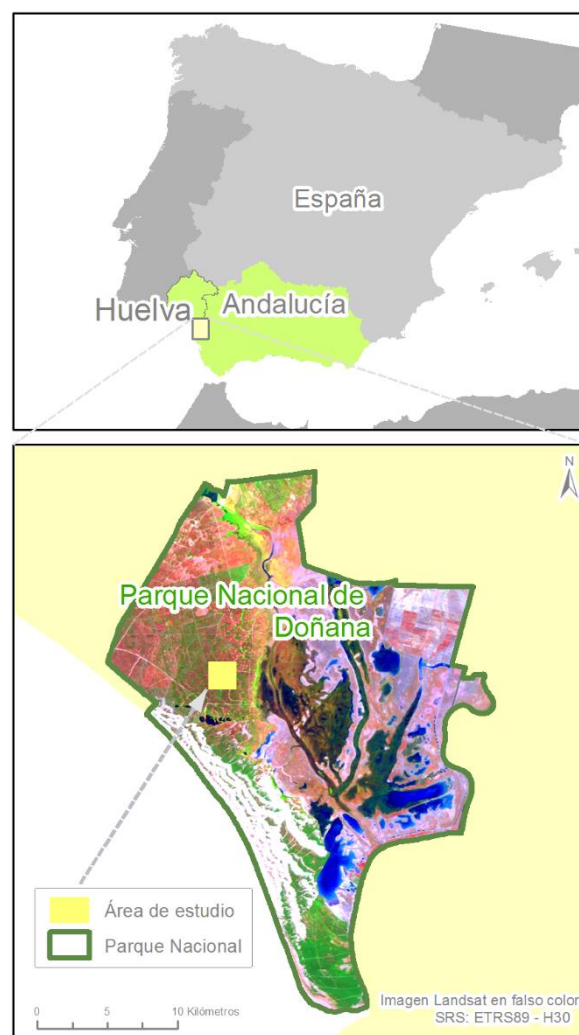


Figura 1. Situación

2.2. Base de referencia cartográfica y temática

Hemos utilizado un fragmento de la hoja 1014 de la ortofotografía de 2008 procedente de los productos fotogramétricos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). Es una imagen en formato TIFF (16 bits) que contiene cuatro canales: Rojo, Verde, Azul e Infrarrojo. El PNOA es un proyecto que coordina el Ministerio de Fomento a través del Instituto Geográfico Nacional y el Centro Nacional de Información Geográfica en colaboración con otros ministerios interesados y las diferentes administraciones autonómicas y sus respectivos organismos competentes en materia de teledetección y cartografía. Uno de los objetivos del plan es la obtención de ortofotografías aéreas digitales con una resolución de 0,25 a 0,50m con una frecuencia de actualización de 2 a 3 años.

Conjuntamente, se ha utilizado la base cartográfica y temática del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE) y Cartografía de Vegetación de Andalucía 1:10.000 (Rediam, 2009), también conocido como VEGE10, para documentar la clasificación y definir la leyenda.

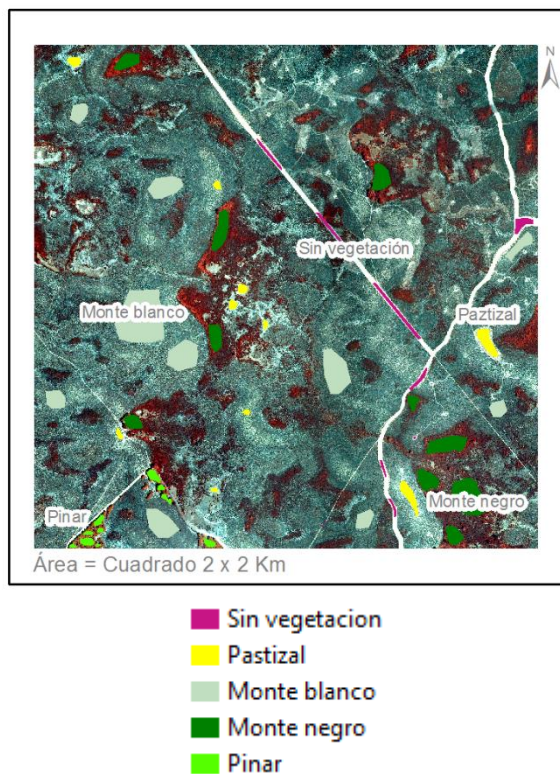


Figura 2. Imagen aérea en falso color y clases fotointerpretadas para validar los resultados

2.3. Procesamiento de la imagen

La imagen ha sido procesada mediante el programa *eCognition*. Por un lado, agregamos los cuatro canales de la imagen con el objeto de determinar la respuesta espectral de las coberturas vegetales, empleando los siguientes índices:

NDVI (Normalised Difference Vegetation Index):

$$\frac{(\text{Red-NIR})}{(\text{Red+NIR}+0.0001)}$$

NDWI (Modification of Normalised Difference Water Index):

$$\frac{(\text{Green-NIR})}{(\text{Green+NIR}+0.0001)}$$

Por otro lado, implementamos algoritmos basados en segmentación multiescala, criterios texturales, de forma y contextuales. En el primer bloque, trabajamos con un rango de escala entre 15 y 1000 píxeles. Y en el segundo bloque, la textura y el contexto se modelaron a través de una ratio (0-1) contrastando en el primer caso, color versus forma; y, en el segundo caso, suavidad versus compacidad.

La clasificación se ha basado en criterios ecológico-fisonómicos. Definimos un total de cinco clases: monte blanco, monte negro, pinar, pastizal y sin vegetación. Previamente, partiendo de la leyenda de VEGE10, dibujamos sobre la fotografía aérea, apoyados por datos de campo, áreas definidas en función de cada clase para validar los resultados. En total, diez polígonos por clase. Después de la segmentación de la imagen, asignamos regiones de interés (ROI) para fundar la clasificación, procurando que estas fueran diferentes a las generadas para validar las clases. Finalmente, realizamos la clasificación utilizando los siguientes algoritmos:

Bayesiano, Máquina de vectores de soporte, K vecinos más próximos, Árboles aleatorios y Árboles de decisión.

3. RESULTADOS

La segmentación (Figura 3) produjo resultados óptimos utilizando un mínimo de 50 píxeles para definir unidades mínimas y criterios balanceados (0,45/1) entre color-forma y suavidad-compacidad para discriminar cubiertas.

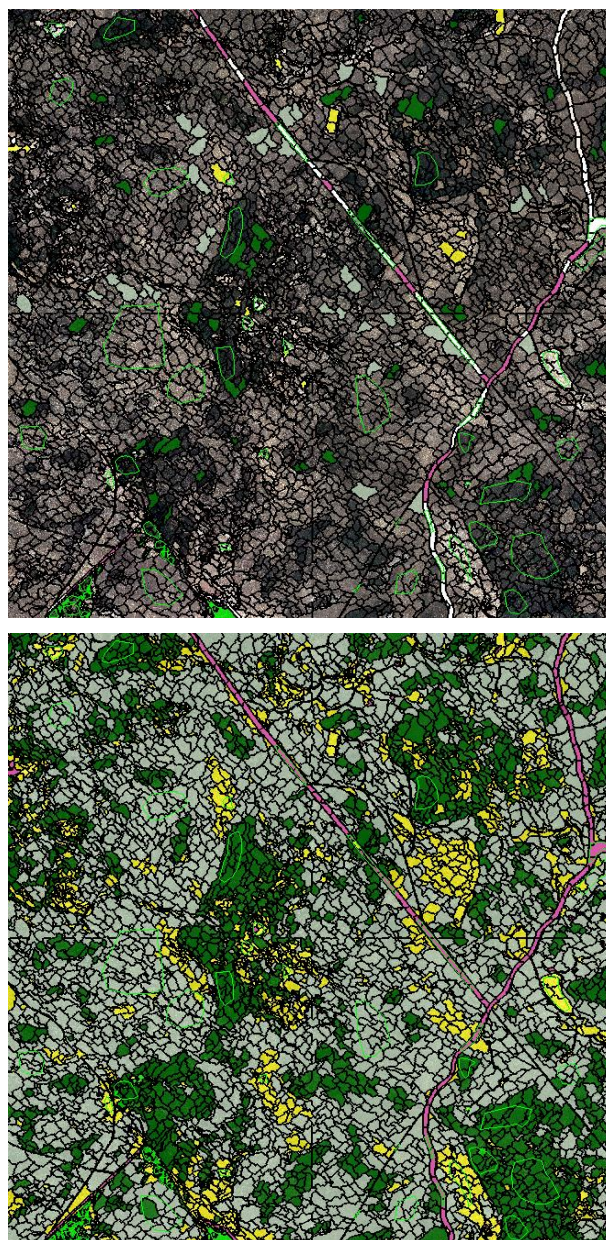


Figura 3. Segmentación multiescala y clasificación

El algoritmo Bayesiano fue el método de clasificación más exacto (Tabla 1), con una exactitud del 95,67 %; frente a los árboles de decisión, cuya exactitud baja hasta el 88,66 %.

Por clases y según el método de clasificación bayesiano, el monte negro fue la cubierta mejor clasificada frente al pinar (Tabla 2). Los resultados cartográficos de la clasificación se muestran en la Figura 4.

Tabla 1. Exactitud de los algoritmos clasificadores

Algoritmo	Exactitud (%)
Bayesiano	95,63
Máquina de vectores de Soporte	94,21
K vecinos más próximos	92,51
Árboles aleatorios	90,9
Árboles de decisión	88,66

Tabla 2. Exactitud detallada del clasificador bayesiano

Cobertura	Exactitud (%)
Sin vegetación	95,96
Pastizal	95,34
Monte blanco	94,66
Monte negro	98,08
Pinar	94,19

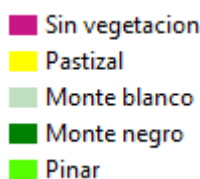
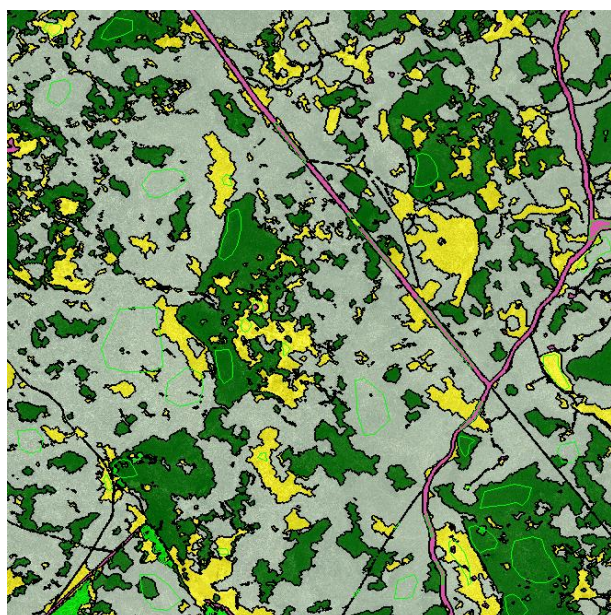


Figura 4. Clasificación

4. DISCUSIÓN

La segmentación multiescala es un procedimiento de gran utilidad para identificar y discriminar coberturas vegetales. Trabajando con umbrales de escala es posible identificar objetos muy pequeños y la combinación de criterios espectrales, de textura, de forma y contextuales, permite además discriminar entre diferentes cubiertas.

En general, los algoritmos clasificadores obtienen buenos resultados, aunque dadas las diferencias existentes entre ellos, conviene trabajar con más de un clasificador para elegir el mejor. En nuestro caso, los

resultados más exactos se obtuvieron con el método de clasificación bayesiano, frente a los árboles de decisión. Los métodos de clasificación basados en Árboles de decisión son menos estables cuando empleamos pocos datos de entrenamiento y validación.

Los mapas elaborados mediante clasificación basada en objetos son más precisos que los elaborados mediante procedimientos manuales. Además, posibilitan una semiautomatización del proceso de fotointerpretación, aunque conviene adoptar una solución de compromiso en función de los objetivos de nuestro trabajo y los niveles de exactitud y precisión requeridos.

Los mapas producidos tienen unos niveles de precisión y exactitud adecuados para realizar estudios de vegetación y paisaje, y también son adecuados para emplearse en modelos de erosión basados en la diferente respuesta de las cubiertas. Sin embargo, para producir mapas de usos y coberturas detallados, es importante el conocimiento experto del operador, pues el error siempre estará presente tanto en la fase de segmentación como en la clasificación.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a una Beca Jae-Predoc cuyo beneficiario es Oliver Gutiérrez Hernández. Asimismo, los trabajos también han sido financiados por los proyectos DECALDO (OAPN 091/2009) y BIOGEOBIRD (P09-RMN-4987).

6. BIBLIOGRAFÍA

- Blaschke, T., 2010. *Object based image analysis for remote sensing*. J. Photogramm. Remote Sens. 65, 2–16.
- Chuvieco, E., 2008. *Teledetección ambiental*. Ariel, Barcelona.
- Fernández García, F., 2003. *Introducción a la fotointerpretación*. Ariel, Barcelona.
- REDIAM - Red de Información Ambiental de Andalucía (2009). *Cartografía y evaluación de la vegetación y flora de los ecosistemas forestales de Andalucía a escala de detalle 1996-2006 (1:10.000)*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.